



中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS  
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，  
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this  
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2003 年 04 月 18 日  
Application Date

申請案號：092109152  
Application No.

申請人：國立清華大學  
Applicant(s)

局長  
Director General

蔡練生

發文日期：西元 2003 年 8 月 4 日  
Issue Date

發文字號：09220785630  
Serial No.

# 發明專利說明書

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：\_\_\_\_\_ ※IPC分類：\_\_\_\_\_

※ 申請日期：\_\_\_\_\_

## 壹、發明名稱

(中文) 低電遷移效應合金及其合金設計方法

(英文) Electromigration effect-insignificant alloys and the alloys' designing method

## 貳、發明人 (共 1 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 陳信文

(英文) SINN-WEN CHEN

住居所地址：(中文) 新竹市光復路二段 101 號 國立清華大學化學工程學系

(英文) \_\_\_\_\_

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

## 參、申請人 (共 1 人)

申請人 1 (如發明人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 國立清華大學

(英文) National Tsing Hua University

住居所或營業所地址：(中文) 新竹市光復路二段 101 號

(英文) \_\_\_\_\_

國籍：(中文) 中華民國 (英文) R.O.C.

代表人：(中文) 徐遐生

(英文) Frank Hsia-San SHU

☐ 續發明人或申請人續頁 (發明人或申請人欄位不敷使用時，請註記並使用續頁)

#### 肆、中文發明摘要

本發明利用不同金屬材料具有正負不同有效電荷值之特性，將這些具有正負不同有效電荷值之金屬材料製備成合金。此合金之有效電荷值，為各組成金屬材料之莫耳分率、乘上各組成金屬材料有效電荷值之總和。此計算所得之有效電荷值總和，可以做為選擇合金組成種類與成份比例之依據。所製備之合金在電場作用下，合金中傾向與電子流相同方向移動之原子、與傾向逆著電子流方向移動之原子互相牽引，形成了在電場下無電遷移效應或低電遷移效應之合金。

#### 伍、英文發明摘要

This invention takes advantage of the characteristics that the effective charge numbers of different metals have different values and even with different signs, and alloys are prepared with the metals of different signs of effective charge numbers. The effective charge numbers of the alloys are the summation of the mole fraction of each constituent metal times its respective effective charge number. Based on the knowledge of the calculated effective charge number, alloys are prepared with proper selection of constituent metals and proper ratios. When the alloy is under the influence of an electric field, the atoms, with the tendency to move in the same direction of the electron flow, interact with the atoms, with the tendency to move in the opposite. The alloys are thus electromigration effect-free or electromigration effect-insignificant.

陸、(一)、本案指定代表圖為：第\_\_\_\_圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

**捌、聲明事項**

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為：\_\_\_\_\_

☐ 本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

☐ 主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_

☐ 主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明

發明所屬之技術領域

本發明係關於一種低電遷移效應合金及其合金設計方法。

先前技術

在金屬的材料中，電流的流動亦會引起原子的移動，此種效應稱為電遷移效應。電遷移效應引起缺陷，持續困擾著電子產業。因此存在著各種不同克服電遷移缺陷的技術，如靠著塗層以壓制小丘之生成(Ho 等人，US4680854，1987)、或是靠著塗層以降低電遷移效應(Hu 等人，US6342733，2002)、或是於鋁中引入少量銅以於晶界產生析出相(Ames 等人，IBM J. Res. Develop., pp. 461-463, 1970；Kwok, Materials Chemistry and Physics, Vol. 33, pp. 176-188, 1993)、或是藉由反應於晶界產生析出之介金屬相(Howard 等人，US4154874，1977)。但是在導線日益縮小的情形下，上述的方法皆未能達成非常好的效果。目前電子業界的解決方案為以銅導線取代目前所用的鋁導線，以減低電遷移所造成的缺陷(Hummel, International Materials Review, Vol. 39(3), pp. 97-111, 1994)。雖然銅的導電性較鋁為佳，更重要的是其電遷移效應較小，但是電遷移效應仍存在於銅導線。可以預期的是當導線再縮小化或電流密度再提升時，電遷移效應所引起的問題將再度顯現。因此為了解決此一問題，必須開發出另一種無電遷移效應或電

遷移效應很低的材料。

電流所引起的電遷移效應，會引起某些原子往陽極移動，但對有些金屬原子卻是往陰極移動(Huntington, "Electromigration in Metals", in "Diffusion in Solids: Recent Developments, pp. 303-353, edited by Nowick and Burton, Academic Press, New York, 1975)。也就是代表電遷移效應的有效電荷，可以是正值或是負值。當有效電荷是負值時，原子移動的方向與電子流方向相同；反之當有效電荷是正值時，原子移動的方向與電子流方向相同。在現存之技藝中，並無藉由具有不同正負有效電荷值之金屬，以製備產生無電遷移效應合金之概念與技術。

#### 技術內容

本發明的技術特徵，在於利用金屬材料有正負不同有效電荷之特性，以將之製備成合金。於是在電場作用下，這些具與電子流相同方向移動之原子與將逆著電子流方向移動之原子互相牽引，形成了在電場下無電遷移效應或低電遷移效應之合金。根據金屬材料的有效電荷值之大小，以選擇所製備合金組成金屬材料之莫耳數。如所擬製備的合金為無電遷移效應之合金，則其選擇組成金屬材料之莫耳分率，須使得各組成金屬材料之有效電荷值乘上其各別之莫耳分率之總和為零。所得合金之有效電荷值為

$$z = \sum_i x_i z_i$$

其中  $x_i$  為第  $i^{th}$  組成金屬材料之莫耳分率，亦即  $x_1 + x_2 + \dots$

$\sum x_i = 1$ ； $z_i$  為各組成金屬材料之有效電荷值，及  $i$  為大於 1 的整數。較佳的， $i$  為 2 或 3。然而因為各組成金屬材料，在形成合金後，並不一定會是形成理想溶液，也因此實際上所得合金之有效電荷值，會與由上式依理想溶液所得之計算結果略有偏差，但此偏差為可忽略的並不會減損本發明之價值。本發明除了可設計無電遷移效應或低電遷移效應之合金外，例如  $z$  的絕對值小於 1 或更佳的小於 0.1，也可以設計具特定電遷移性質的合金。

#### 實施方式

本發明的特徵，在於利用金屬材料有正負不同有效電荷之特性，以將之製備成合金。於是在電場作用下，這些具與電子流相同方向移動之原子、與將逆著電子流方向移動之原子互相牽引，形成了在電場下無電遷移效應或低電遷移效應之合金。因此本案之特徵與已知技術之最大差異，在於本案所利用克服電遷移效應之力量並非外加，而是利用各元素間不同之特性。依照所擬製備的合金所欲具有之有效電荷值，來選擇其組成金屬材料之莫耳分率。此合金之有效電荷值，為各組成金屬材料莫耳分率乘上其各別之有效電荷值之總和。即所得合金之有效電荷值為

$$z = \sum_i x_i z_i$$

其中  $x_i$ ， $z_i$  及  $i$  的定義同上。

以下表 1 列出多種金屬的有效電荷值，它們係摘自 Huntington，"Electromigration in Metals", in



"Diffusion in Solids: Recent Developments, pp. 303-353, edited by Nowick and Burton, Academic Press, New York, 1975; Hsieh and Huntington, J. Phys. Chem., solids, vol. 39, pp. 867-871, 1978; Hu and Huntington, Physical Review, vol. 26(6), pp. 2782-2789, 1982 等論文。該等有效電荷值在  $-50$  至  $200^{\circ}\text{C}$  之間不會有實質性改變。

表 1

元素	Co	Ni	Al	Mg	Zn
z	1.6	-3.5	-24	2	-2.5

實施例 1：Co-30at%Ni (70at% Co + 30at% Ni)

以電子天平稱取適量的純 Co 與純 Ni 顆粒，(比例為 70 at% Co 與 30 at% Ni)。將純 Co 與 Ni 放在一起，以電弧爐將之熔融形成合金。將此合金錠密封於石英管中，置於高溫爐中在  $800^{\circ}\text{C}$  熱處理一個月後取出。將此合金錠以鑽石鋸切割成三塊，中間塊做為通電實驗之試樣，二旁二塊則做為金相分析。從金相分析之結果，可知所形成的合金確實為單相。

將中間所切得長條之合金，置於  $150^{\circ}\text{C}$  之管型爐中。合金二端接上電源供應器，通以電流密度  $500\text{ A/cm}^2$  之直流電。經一個月後取出，對此合金進行金相分析，仍可發現為單相，並無任何因電遷移所引起之偏析現象。因為  $z_{\text{Co}}=1.6$ ， $z_{\text{Ni}}=-3.5$ ，所以可以推知此合金為低電遷移效應

之合金，其有效電荷值為  $z = 1.6 \times 0.7 + (-3.5) \times 0.3 = 0.07$ 。

實施例 2：Al-92.31at%Mg (7.69at% Al + 92.31at% Mg)

以電子天平稱取適量的純 Al 與純 Mg 塊，(比例為 7.69 at% Al 與 92.31 at% Mg)。將純 Al 與 Mg 放在 BN 的坩堝中，再連同坩堝與純金屬塊抽真空密封於石英管中。將此石英管置於 750°C 的直立高溫爐中，純 Al 與純 Mg 將熔融混合成為合金。在爐中二小時後將此石英管取出，並將其淬冷於水中。再將此石英管(內含 BN 坩堝與合金)，置於 450°C 的高溫爐中，熱處理四週後取出。

將合金棒(rod)以鑽石鋸切割成五塊，中間塊做為通電實驗之試樣，四週之四塊則做為金相分析。從金相分析之結果，可知所形成的合金確實為單相。將中間所切得長條之合金，二端接上電源供應器，通以電流密度 500 A/cm<sup>2</sup> 之直流電。經一個月後取出，對此合金進行金相分析，仍可發現為單相，並無任何因電遷移所引起之偏析現象。因為  $z_{Al} = -24$ ， $z_{Mg} = 2$ ，所以可以推知此合金為無電遷移效應之合金，其有效電荷值為  $z = 2 \times 0.9231 + (-24) \times 0.0769 = 0$ 。

實施例 3：Ag-88.23at%Mg (11.77at% Ag + 88.23at% Mg)

因為  $z_{Ag} = -15$ ， $z_{Mg} = 2$ ，所以可以推知此合金為無電遷移效應之合金，其有效電荷值為  $z = 2 \times 0.8823 + (-15) \times$

$$0.1177 = 0 \quad \circ$$

實施例 4: Al-50at%Mg-48at%Zn (2at% Al + 50at% Mg + 48at% Zn)

因爲  $z_{Al} = -24$ ,  $z_{Mg} = 2$ ,  $z_{Zn} = -2.5$ , 所以可以推知此合金  
爲低電遷移效應之合金, 其有效電荷值爲  $z = (-24) \times 0.02 +$   
 $2 \times 0.50 + (-2.5) \times 0.48 = -0.68 \quad \circ$



## 申請專利範圍

1、一種電子產品，包含具有低電遷移效應之合金為導線，該合金係  $i$  種金屬所組成，且

$$-1 < z = \sum_i x_i z_i < 1$$

其中  $i$  為大於 1 的整數；

$x_i$  為第  $i^{\text{th}}$  個金屬之莫耳分率；

$z_i$  為第  $i^{\text{th}}$  個金屬之有效電荷值；及

$z$  為合金之有效電荷值。

2、如申請範圍第 1 項所述之電子產品，其中  $i$  為 2 或 3。

3、如申請範圍第 1 項所述之電子產品，其中  $z$  之絕對值小於 0.1。

4、如申請範圍第 3 項所述之電子產品，其中該合金由莫耳分率 0.7 的 Co 與莫耳分率 0.3 的 Ni 所組成。

5、如申請範圍第 3 項所述之電子產品，其中該合金由莫耳分率 0.0769 的 Al 與莫耳分率 0.9231 的 Mg 所組成。

6、如申請範圍第 3 項所述之電子產品，其中該合金由莫耳分率 0.1177 的 Ag 與莫耳分率 0.8823 的 Mg 所組成。

7、一種合金之設計方法，包含下列步驟：

a) 決定該合金的有效電荷值  $z$ ；

b) 選擇構成該合金的  $i$  種組成金屬材料， $i$  為大於 1 的整數；及

c) 依下列公式計算出各組成金屬材料的莫耳分率

$x_i$ ：

$$z = \sum_i x_i z_i$$

$$x_1 + x_2 + \dots + x_i = 1$$

d) 依步驟 c) 的莫耳分率混合該  $i$  種組成金屬材料並熔融成合金。